Un modèle bioéconomique pour mettre à jour l'objectif de sélection de la race Prim'Holstein

PINARD D. (1), REGALDO D. (1), GUERRIER J. (2)
(1) Institut de l'Elevage, 149 rue de Bercy, 75012 Paris
(2) Institut de l'Elevage, 9 Allée Pierre de Fermat, 63170 Aubière

RESUME
Un modèle bio-économique a permis d'estimer les valeurs économiques des caractères en sélection pour un système Prim'Holstein, dans le contexte technico-économique actuel. Le caractère ayant le poids le plus important est la quantité de matière protéique qui représente 29 % de l'objectif. Viennent ensuite la fertilité des vaches et le taux cellulaire à hauteur de 17 % chacun et la longévité fonctionnelle à 15 %. Les autres caractères comptent chacun pour moins de 10 % de l'objectif de sélection. En simulant une sélection sur l'Index synthétique (IS) d'un grand nombre de jeunes taureaux avec évaluation génomique, on estime que l'ISU 2012 se situerait à 93% de l'optimum économique. La sélection sur l'IS économique induirait un progrès un peu plus faible pour les caractères de production, au profit des caractères fonctionnels. Ce travail est à la base du projet OSIRIS (Objectif de Sélection Innovants en Ruminants et Indices de Synthèse) financé par le Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (sur fond CASDAR) et France Génétique Elevage.

A bio-economic model to update the economic breeding goal of the Holstein breed

PINARD D. (1), REGALDO D. (1), GUERRIER J. (2)
(1) Institut de l'Elevage, 149 rue de Bercy, 75012 Paris

SUMMARY
A bio-economic model allowed the estimation of the economic value of traits in today's context for a Holstein system. The trait with the most important economic value was protein yield which represents 29% of the breeding goal. Then, cow fertility and somatic cell count accounted for 17% each and functional longevity represented 15% of the selection objective. Other traits accounted for less than 10% each in the objective. With a selection simulation based on the total merit index (IS) of young bulls with genomic evaluation, we found that the 2012 ISU represents 93% of the economic optimum. Selection on the economic total merit index would induce a lower genetic progress for production traits, and a larger one for functional traits. This study is a basis for the OSIRIS project (which stands for New Breeding Goals for Ruminants and Total Merit Indexes) financed by the French Ministry of Agriculture, Food industry and Forest (with CASDAR fund) and France Génétique Elevage.

INTRODUCTION

En Prim'Holstein les valeurs économiques des caractères de production, de la fertilité des vaches, du comptage cellulaire et de la longévité fonctionnelle ont été calculées grâce à un modèle bio-économique en 2001 (Colleau et Regaldo, 2001). L'ISU a été mis à jour en 2012 pour tenir compte de la mise en place de la sélection génomique et intégrer de nouveaux caractères : la résistance aux mammites, la fertilité des génisses et l'intervalle entre le vêlage et la première insémination. Les pondérations de l'ISU ont été calculées en se basant sur des simulations de sélection. Les pondérations ont été choisies de manière à avoir un progrès sur les caractères de production identique à celui qu'on pouvait obtenir par la sélection classique, ce qui permettait d'augmenter les réponses à la sélection sur les caractères fonctionnels (UMT3G, 2012). Mais il devenait urgent de ré-estimer les valeurs économiques calculées en 2001 et d'évaluer les poids économiques des nouveaux caractères de l'ISU. Un nouveau modèle bio-économique a donc été développé dans ce but.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. UN MODELE BIO-ECONOMIQUE NECESSAIRE POUR HIERARCHISER LES CARACTERES OBJECTIVEMENT

L'objectif de sélection est une fonction linéaire des valeurs génétiques vraies (mais inconnues) des caractères à améliorer (Phocas *et al.*, 1997). Il s'écrit classiquement de la façon suivante :

$$H=a_1A_1+a_2A_2+\ldots+a_nA_n$$

Avec H l'objectif, a_i la pondération du caractère i et A_i la valeur génétique du caractère i. Les pondérations de l'objectif sont calculées pour maximiser le bénéfice de l'éleveur. Ainsi, il est indispensable d'établir les équations de recettes et de coûts qui permettent d'estimer le gain (ou la perte) engendré par l'amélioration de chaque caractère. La construction d'un modèle bio-économique simulant le fonctionnement du système de production considéré permet de prendre en compte un grand nombre d'équations. Un tel modèle devient donc nécessaire dès lors que l'on considère un grand nombre de caractères.

1.2. UN MODELE BASE SUR DES DONNEES DE TERRAIN

Dans le cadre de cette étude, nous avons modélisé le fonctionnement d'un atelier bovins laitiers pour un système Prim'Holstein intensif avec ensilage de maïs, typique des régions Nord-Pas-de-Calais /Picardie /Haute Normandie (Réseaux d'élevage bovin lait, 2006). Le cas-type nous a fourni principalement les données liées à la stratégie d'alimentation des adultes et des jeunes : la ration distribuée selon la période et les prix ou coûts de revient des aliments utilisés. Les quantités distribuées ont été calculées grâce aux équations INRAtion® (INRA, 2010). Le cas-type nous a aussi fourni les charges de structure et les primes perçues par l'éleveur. Les performances moyennes des animaux utilisées dans le modèle (lactation moyenne, fertilité, fréquence de mammites, …) ont été calculées grâce aux données du contrôle de performance. Le taux de renouvellement et les données concernant le cycle de reproduction des femelles (intervalle entre deux vêlages, intervalle vêlage-1ère IA, …) sont également issus du Système d'Information Génétique. Les prix de la viande et du lait sont une synthèse des informations du cas-type et des grilles de prix régionales. Enfin certains paramètres économiques ou de gestion du troupeau ont été acquis par le biais d'articles scientifiques ou à dires d'experts si aucune référence n'était disponible.

C'était notamment le cas des stratégies de réforme qui ont été modélisées.

1.3. METHODE DE CALCUL DES POIDS ECONOMIQUES DES CARACTERES

Grâce au modèle, on calcule un critère économique noté P, fonction du niveau de chaque caractère. La pondération économique se calcule par dérivée partielle (exacte ou approchée par différence finie Δ) de la fonction P par rapport à la performance Y_i, les autres caractères étant fixés à leurs valeurs moyennes estimées pour la population cible (Phocas, 2012).
Le critère retenu dans cette étude est le bénéfice par unité de coût qui s'exprime de la façon suivante :
P= (Recettes totales (R)– Coûts totaux (C)) / Coûts totaux (C)
Ce critère permet de raisonner à coûts constants car on considère que la capacité d'investissement des éleveurs est généralement limitée. On a choisi de ne pas intègrer de contrainte de production du fait de l'abandon des quotas en 2015. Dans ce cas, on peut montrer que la pondération économique du caractère i est approchée par la formule suivante :

$$a_i=\Delta(R-C)_i/\ \Delta Y_i - ((R_0-C_0)/C_0)*(\ \Delta C_i/\Delta Y_i)$$

1.4. DES PONDERATIONS ECONOMIQUES AUX PONDERATIONS DE L'INDICE DE SYNTHESE

L'Indice de Synthèse (IS) est une combinaison linéaire des index élémentaires. Il s'écrit de la façon suivante :

$$IS= b_1\hat{A}_1+b_2\hat{A}_2+\ldots+b_n\hat{A}_n$$

Avec b_i la pondération du caractère i et $\hat{A}_i$ l'index élémentaire du caractère i. L'IS est l'outil qui permet d'orienter la sélection vers l'objectif. Ses pondérations peuvent être différentes des pondérations de l'objectif économique si :

- Les index ne sont pas évalués simultanément. Dans ce cas les corrélations génétiques entre caractères ne sont pas prises en compte dans l'évaluation génétique, et les précisions sont différentes selon les index. Il faut donc les intégrer pour recalculer les pondérations de l'IS.

- Les organisations de races souhaitent ajuster l'objectif pour répondre aux besoins des filières.

En bovins laitiers, les évaluations génétiques se rapprochent d'un modèle animal multicaractère, mais on ne se trouve pas exactement dans la situation idéale d'analyse simultanée des caractères de l'IS (Ducrocq *et al.*, 2001). Il faut donc intégrer les corrélations entre caractères qui subsistent pour recalculer les pondérations de l'IS.
La méthode utilisée dans notre étude a consisté en des simulations stochastiques de sélection à partir des jeunes taureaux avec évaluation génomique nés de 2007 à 2011, en cherchant le jeu de pondérations maximisant le revenu de l'éleveur. Les simulations ont été faites à partir. On a alors obtenu les réponses à la sélection pour chaque caractère, c'est-à-dire le différentiel en points d'index entre les taureaux sélectionnés et l'ensemble des candidats. Cela permet de prédire les effets de l'IS sur l'évolution de la population raciale, et les pondérations peuvent être ajustées ensuite afin de mieux répondre aux attentes des races.

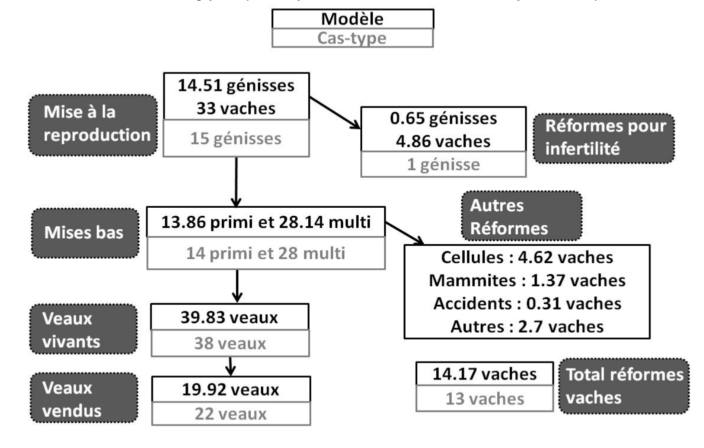
2. RESULTATS

2.1 SIMULATION D'UN ATELIER LAITIER HOLSTEIN INTENSIF

GESTION DU TROUPEAU

Le modèle simule le fonctionnement d'un troupeau et calcule les effectifs d'animaux par catégorie (vaches en lactation, vaches réformées selon la cause, veaux vendus, etc…). La figure 1 ci-après compare la simulation obtenue avec le cas-type.

Figure 1 : effectifs d'animaux par catégorie selon le modèle et selon le cas-type (lorsque la donnée est disponible)



La comparaison des résultats du modèle avec les données du cas-type montre que les effectifs d'animaux sont assez proches, ce qui valide la cohérence globale du troupeau modélisé. Cependant on ne dispose pas de référence concernant la gestion des réformes, il est donc difficile de vérifier nos hypothèses. Mais les stratégies de réforme choisies et les effectifs donnés par la simulation ont été validés par les experts de la race.

Recettes

Les recettes viennent des ventes de lait, des ventes des femelles de réforme, des ventes de veaux de 8 jours et des primes perçues par l'éleveur. Le tableau 1 ci-dessous récapitule les recettes obtenues par la simulation et les valeurs données par le cas-type.

Tableau 1 : Recettes annuelles de l'atelier bovins laitiers pour le modèle et pour le cas-type

	Modèle	Cas-type
Recette issues des réformes	9 526 €	9 754€
Recette issues des veaux	3 112 €	3 850 €
Recette issues du lait	100 666 €	89 270 €
Primes	16 800 €	

La légère différence entre les recettes issues des réformes s'explique par le prix de la viande qui est un peu plus faible dans le modèle. Concernant les ventes de veaux, la différence vient du fait que la simulation permet de vendre moins de veaux que dans le cas-type (voir figure 1). Enfin, la production laitière et les taux butyreux et protéiques du modèle sont les moyennes du contrôle de performances et sont plus élevés que dans le cas-type (par exemple 9 200 L de lait par lactation dans le modèle contre 7250 L pour le cas-type), ce qui explique des recettes laitières bien plus importantes dans la simulation.

Coûts

Les coûts pris en compte sont les coûts d'alimentation des adultes et des jeunes (génisses de renouvellement et veaux à vendre), les coûts de reproduction, les coûts dus aux vêlages difficiles, les coûts de traitement des mammites, les coûts de santé divers et les charges de structure.
Le tableau 2 ci-après récapitule les charges de l'atelier prises en compte dans le modèle. Il est difficile de les comparer avec les données du cas-type qui décrit une partie des charges (par exemple coûts d'alimentation, coûts de santé divers, …), mais n'est pas aussi détaillé pour d'autres (coûts dus aux vêlages difficiles, coûts de traitement des mammites, etc…).

Tableau 2 : Charges prises en compte dans le modèle

	Modèle
Coûts d'alimentation des vaches	575 € / vache / an
Coûts d'alimentation des génisses de renouvellement	793 € / génisse pour toute la période d'élevage
Coûts d'alimentation des veaux de huit jours	17 € / veau pour les 8 jours d'élevage
Coûts dus aux vêlages difficiles	374 € / an pour l'atelier
Coûts de reproduction	4186 € / an pour l'atelier
Coûts de traitement des mammites	572 € / an pour l'atelier
Coûts de santé divers	4 678 € / an pour l'atelier
Charges de structure	33 600 € / an pour l'atelier

2.2 INCIDENCE DE L'EVOLUTION DES CARACTERES SUR LE BENEFICE

Dans le modèle, on a considéré 11 caractères :

Fertilité vache

Lorsqu'on améliore la fertilité vache de 1 point, on diminue le nombre de femelles réformées sur infertilité ce qui implique que le nombre de génisses de remplacement diminue. La structure d'âge du troupeau est donc modifiée : pour un même nombre de femelles ayant vêlé, il y a plus de multipares et moins de primipares. Un grand nombre d'équations étant liées à cette structure d'âge du troupeau, l'amélioration de la fertilité impacte tous les coûts et recettes de l'atelier. En effet, le fait d'avoir plus de multipares augmente les recettes de lait et le coût d'alimentation des adultes. Il y a également moins de vêlages difficiles donc les coûts vétérinaires diminuent. Les coûts des mammites augmentent puisque les multipares sont plus affectées que les primipares. Comme il y a moins de génisses élevées, les coûts d'élevage des génisses diminuent. Il y a également plus de veaux vendus, et donc les recettes augmentent, ainsi que les coûts d'alimentation des veaux. De plus, la diminution des réformes pénalise les recettes issues de la viande.

Les autres effets de l'amélioration de la fertilité sont la réduction des coûts de reproduction et la diminution de l'intervalle entre deux vêlages.

En prenant en compte tous ces effets, on a calculé que l'amélioration d'un point de fertilité vache permettait d'augmenter le revenu de **8,46€/vache/an**.

Fertilité génisse

L'amélioration de la fertilité des génisses permet de diminuer les coûts de reproduction. De plus, il y a moins de génisses élevées pour un même nombre de primipares, donc les coûts d'alimentation des jeunes diminuent. Il y a également plus de veaux vendus, donc les recettes augmentent et les coûts d'alimentation des veaux aussi. Enfin les recettes issues des ventes de réformes diminuent puisqu'il y a moins de génisses réformées.

Gagner 1 point de fertilité génisse permet d'augmenter le revenu de **2,59€/vache/an.**

Conditions de naissance (CN)

L'augmentation des fréquences de vêlages faciles de 1 % permet de diminuer les coûts vétérinaires.

On augmente le revenu de l'éleveur de **1,82€/vache/an**.

Survie des veaux à 48h

L'augmentation du nombre de veaux vivants à 48h de 1 % induit une augmentation des recettes issues des ventes de veaux, mais aussi des coûts d'alimentation de ces veaux.

Le revenu est donc augmenté de **0,90€/vache/an**.

Vecteur lait

L'augmentation du volume de lait de 1 kg pour les 305 premiers jours de lactation (sans augmenter les quantités de matière) induit une très légère augmentation des recettes laitières, et les coûts d'alimentation augmentent.

Le revenu **diminue de 0,01€/vache/an**.

Quantité de matière grasse (QMG)

L'augmentation de la quantité de matière grasse de 1 kg pour les 305 premiers jours de lactation permet d'améliorer les recettes de lait, mais augmentent les coûts d'alimentation.

Au final, le revenu augmente de **0,94€/vache/an**.

Quantité de matière protéique (QMP)

L'augmentation de la quantité de matière protéique de 1 kg pour les 305 premiers jours de lactation induit également une augmentation des recettes de lait et une augmentation des coûts d'alimentation.

Le revenu est amélioré de **4,02€/vache/an**.

Le score cellulaire (SCS)

La diminution du score cellulaire (SCS) de 0,01 point induit une augmentation des recettes de lait, car le prix aux 1000 L augmente. De plus on diminue le nombre de réformes pour taux cellulaire trop élevé, donc la structure d'âge du troupeau évolue. On a en proportion plus de multipares que de primipares. Comme pour l'amélioration de la fertilité tous les coûts et recettes liés à cette structure d'âge évoluent.

Pour une diminution de 0,01 point du SCS, le revenu augmente de **1,13€/vache/an**.

Fréquence des mammites

La diminution de la fréquence des mammites cliniques de 1 % induit une diminution des coûts vétérinaires et on jette moins de lait à cause des traitements antibiotiques. De plus, le nombre de réformes pour cause de mammite diminue, et donc le raisonnement est le même que pour le score cellulaire ou la fertilité.

Finalement, le revenu augmente de **1,49€/vache/an**.

Poids vif des réformes

L'augmentation du poids vif des réformes de 1 kg permet d'augmenter les recettes des ventes de réformes mais les coûts d'alimentation augmentent.

Le revenu augmente de **0,36€/vache/an**.

La longévité fonctionnelle

On fait varier la longévité en faisant varier le nombre de réformes pour autres causes que niveau de production trop faible, infertilité, taux cellulaires trop élevé ou mammites. On fait ce choix car on préfère attribuer les réformes aux caractères qui s'expriment plus tôt que la longévité. Le raisonnement est alors le même que pour les autres caractères générant des réformes : la structure d'âge évolue et tous les coûts et recettes s'en trouvent impactés.

Pour une année de longévité en plus, le revenu augmente de **102,67€/vache/an**.

2.3. POIDS ECONOMIQUES DES CARACTERES

Le tableau 3 ci-dessous liste les valeurs économiques des caractères et leur part dans l'objectif.

Tableau 3 : Poids économiques des caractères

	Bénéfice par unité de coût par vache et par an	**standardisé par écart-type génétique**	**En relatif**
Fertilité vache	+8,46€/pt	+59,21€	17,7%
Fertilité génisse	+2,59€/pt	+18,13€	5,4%
CN	+1,82€/%CN=1 ou 2	+4,12€	1,2%
Survie à 48h	+0,90€/%	+1,80€	0,5%
Vecteur lait	-0,01€/kg	-10,90€	3,3%
QMG	+0,94€/kg	+29,38€	8,8%
QMP	+4,02€/kg	+93,25€	27,9%
SCS	+1,13€/0,01SCS	+56,35€	16,9%
Mammites	+1,49€/%	+8,04€	2,4%
Poids vif	+0,36€/kg	+6,30€	1,9%
Longévité fonctionnelle	+102,67€/an	+40,20€	13,8%

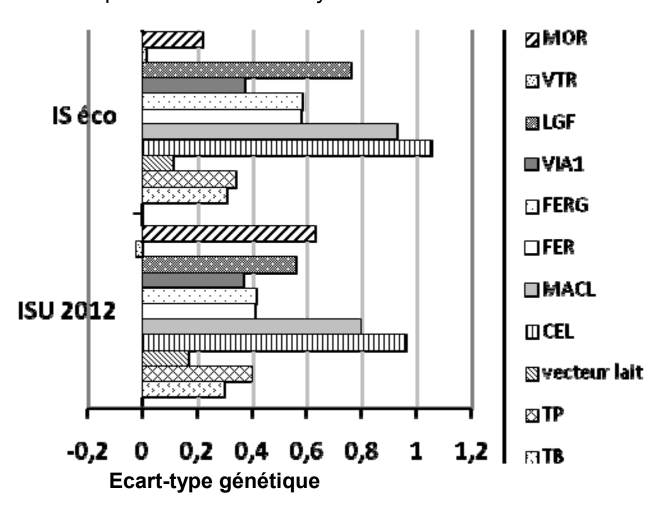
La standardisation par l'écart-type génétique permet de comparer les caractères entre eux.

On constate que le caractère le plus important économiquement pour l'éleveur est la quantité de matière protéique qui compte pour presque 30% dans l'objectif. Viennent ensuite avec un poids d'environ 15%, le score cellulaire, la fertilité vache et la longévité fonctionnelle. Les autres caractères comptent chacun pour moins de 10%.

2.4. PASSAGE A UN NOUVEL IS

Les index inclus dans l'IS sont les quantités de matière grasse et protéique (QMG et QMP), les taux butyreux et protéique (TB et TP), les fertilités vaches (FER) et génisses (FERG), le score cellulaire (CEL), la résistance aux mammites (MACL) et la longévité fonctionnelle (LGF). On déduit des poids économiques calculés précédemment les pondérations d'un IS correspondant à l'optimum économique selon la méthode décrite en 1.4. avec un seuil de sélection de 5%. Les réponses à la sélection sur IS économique et sur ISU 2012 sont représentées dans la figure 2 ci-après.

Figure 2 : reponses a la selection sur isu 2012 et is economique en ecart a la moyenne des candidats



MOR : Morphologie, VTR : vitesse de traite, LGF : Longévité, VIA1 : intervalle vêlage 1ère IA, FERG : fertilité génisse, FER : fertilité vache, MACL : résistance aux mammites, CEL : comptage cellulaire, TB : taux butyreux, TP : taux protéique

Les réponses à la sélection sur ISU et IS économique sont assez proches. On calcule que l'ISU 2012 se situe à 93 % de l'optimum économique. L'IS économique privilégie plus les caractères fonctionnels et moins les caractères de production (sauf le TB), en comparaison avec l'ISU 2012. La morphologie est une exception : le progrès avec IS économique est trois fois moindre qu'avec l'ISU 2012. Mais ce caractère est particulier du fait qu'il est difficile de lui attribuer une valeur économique. Un poids important lui a été attribué en 2012 car une meilleure morphologie facilite le travail des éleveurs.

3. DISCUSSION

Sur le modèle

Le fonctionnement du modèle dans le cas où tous les caractères sont à leur niveau moyen a été validé avec la comparaison au cas-type et par les experts de la race. De plus le modèle a servi de base à d'autres travaux, ce qui a permis de l'affiner et valider son fonctionnement. Enfin un travail a été mené pour comparer ce modèle avec celui utilisé en République Tchèque dont le logiciel ECOWEIGHT® et le mode d'emploi sont disponibles (Wolfova *et al.*, 2007), ce qui a permis de s'assurer de la cohérence des contraintes choisies.
Le prochain axe de développement du modèle sera d'intégrer une composante travail dans ce modèle puisque c'est une demande forte de la part des OS.

Sur les poids économiques des caractères

Comparés aux valeurs de 2001 (Colleau et Regaldo, 2001) qui s'appuyaient sur les mêmes contraintes que notre modèle, les poids économiques pour les caractères de production sont semblables, mais les poids économiques du comptage cellulaire, de la fertilité vache et de la longévité sont 2 à 3 fois supérieurs dans notre étude. Dans les deux études, le poids économique des caractères fonctionnels dépend surtout de leur impact sur la longévité. Dans notre cas, cet impact est pris en compte grâce à la modélisation des stratégies de réforme en se basant sur l'expérience terrain des experts de la race. Dans l'étude de 2001, les corrélations génétiques entre les index CEL, FER et LGF ont été utilisées pour reporter le poids économique de la longévité sur les autres caractères. Dans notre étude les corrélations entre caractères sont intégrées lorsque l'on passe des poids économiques aux pondérations de l'IS.
Nous avons testé divers scénarii pour quantifier la robustesse de la hiérarchie des caractères. Il apparait que les poids économiques sont relativement peu sensibles aux variations de prix et de coûts des aliments. Ils peuvent varier lorsqu'on choisit des paramètres de gestion de troupeau différents (taux de renouvellement, stratégies de réforme,..) mais sans que l'ordre se retrouve bouleversé. Donc, sauf si le contexte change de façon radicale, on peut dire que les poids économiques seront valables quelques années même si les prix ou les coûts évoluent un peu par rapport à aujourd'hui.

Sur l'IS économique

L'étude a été conduite avec un seul cas-type. Il faudra calculer les poids économiques des caractères dans les autres systèmes représentatifs de la race afin de déterminer l'IS économique optimum pour la majorité des éleveurs de la race. Malgré tout, l'IS économique obtenu pour ce système est très proche de l'ISU 2012. Ce qui signifie que l'ISU actuellement utilisé convient pour améliorer au mieux le revenu des éleveurs. Ce travail sert de base à l'OS dans sa réflexion pour décider s'il faut rénover l'ISU.

CONCLUSION

Nous avons mis à jour les valeurs économiques des caractères par rapport à 2001 et calculé celles des nouveaux caractères intégrés dans l'ISU 2012, ce qui a permis de montrer la cohérence de l'ISU 2012 avec nos résultats.
Développer un tel modèle est très consommateur en temps puisque cette étude a été commencée en 2011 (Cheype, 2011). Ce travail est à la base du projet OSIRIS (Objectifs de Sélection Innovants en Ruminants et Indices de Synthèse) dont l'objectif est de concevoir un outil multi-espèces pour calculer de façon réactive les poids économiques des caractères dans les 5 filières de ruminants. Ce programme est financé par le Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (Fond CASDAR) et France Génétique Elevage.

Cheype A., 2011. Mémoire ENITA Clermont-Ferrand
Colleau J.J., Regaldo D. 2001. Renc. Rech. Rumin., 8, 329-332
Ducrocq V., Boichard D., Barbat A., Larroque H., 2001. Renc. Rech. Rumin., 8, 333-336
INRA, 2010. Alimentation des bovins, ovins, caprins, QUAE, 307p.
Phocas F., Hanocq E., Bouix J., Renand G., Poivey J.P., Elsen J.M., Bibe B., Menissier F., 1997. Renc. Rech. Rumin., 4, 171-178
Phocas F., 2012. Objectifs de Sélection, CSAGAD 3ème session
Réseaux d'élevage bovin lait, 2006. Vivre du lait en Nord-Pas-de-Calais, Picardie, Haute-Normandie, Références, 10 fiches
UMT 3G , 2012. IBL n° 2012 – 2
Wolfova M., Wolf J., Kvapilik J., Kicat J., 2007. J. Dairy Sci., 90, 2442-2455